

**МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДВИГАТЕЛЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ANSYS**

Серов А.Б.

Научный руководитель: Цукублин А.Б., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30E-mail: sabtpu@gmail.com

С повышением требований к качеству разработки и производства электрических машин и аппаратов (ЭМА), а так же снижению производственных затрат, широкое распространение получают программные комплексы, позволяющие оптимизировать процессы методов расчета электромагнитных полей. Одним из вариантов методик расчета магнитных систем, входящих в состав электрических машин и аппаратов, является применение метода конечных элементов (МКЭ) для моделирования электромагнитного поля. [1]. Целью настоящей статьи является оценка возможностей электромагнитных расчетов с помощью программного продукта ANSYS. Выбор данного продукта обусловлен его популярностью и широкими возможностями. В статье рассмотрен инструмент ANSYS Maxwell со встроенным программным комплексом RMxprt.

ANSYS Maxwell — программное обеспечение (ПО) для моделирования 2D и 3D электромагнитных полей, используемое для проектирования и исследования двумерных и трехмерных моделей двигателей, датчиков, трансформаторов и других электрических и электромеханических устройств различного применения. ANSYS Maxwell базируется на методе конечных элементов (Finite Element Method — FEM) и рассчитывает статические, гармонические электромагнитные и электрические поля, а также переходные процессы в полевых задачах [2].

RMxprt — программа, которая ускоряет процесс проектирования и оптимизации вращающихся электрических машин. Особенностью RMxprt является использование классической аналитической теории электрических машин и метода эквивалентных магнитных цепей для вычисления рабочих характеристик машины [3]. Наибольший интерес для проектировщиков RMxprt представляет при моделировании электрических машин классических конструкций, для которых методики расчета известны.

Также для проектирования электрических двигателей и генераторов, есть возможность совместного использования ANSYS Maxwell с программным комплексом RMxprt, основанным на шаблонах моделей электрических машин.

Выбор использования программного решения зависит от поставленных задач, в частности, если задачей является процесс разработки электрической машины стандартной

конфигурации, то используя RMxprt, можно проанализировать множество вариантов за короткий промежуток времени и получить необходимые характеристики электрической машины с использованием входных данных.

Для вычисления рабочих характеристик машины используются известные методики расчета классических электрических машин, следовательно, решение такого рода задач требует меньше времени в сравнении с МКЭ, поэтому нет необходимости в использовании высокопроизводительных электронных вычислительных машин (ЭВМ).

В работе был рассмотрен вентильный двигатель, применяемый в электроусилителе рулевого управления (ЭУР). Выбор данной электрической машины обусловлен сложностью такого рода устройств. Для создания основного магнитного потока используются высококоэрцитивные постоянные магниты, применяются инверторные схемы питания и т.д.

При работе с программным комплексом RMxprt, пользователю необходимо корректно заполнить:

- Исходные номинальные данные.
- Основные геометрические размеры ротора и статора.
- Геометрические размеры пазов статора, магнитов ротора. Выбор варианта расположения магнитов на роторе.
- Линейные и нелинейные свойства материалов.
- Конфигурацию обмотки и её лобовых частей.

Программный комплекс RMxprt позволяет получить в табличном и графическом видах все важнейшие характеристики и параметры электрической машины. Некоторые из них:

- Потребляемая мощность.
- Номинальное скольжение, вращающий момент, скорость.
- Кратность пускового тока и момента.
- Данные по активным и реактивным сопротивлениям обмоток.
- Ток в обмотке статора.
- Данные по частоте вращения, величине питающего напряжения.

Первоначальным этапом работы являлся ввод основных геометрических размеров статора и ротора, размеров тангенциально намагниченных магнитов ротора и выбор их варианта расположения. Результат представлен на Рис. 1.

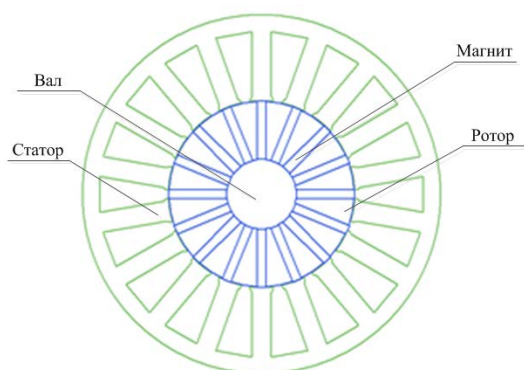


Рис. 1. Модель магнитоэлектрического двигателя в среде RMXprt

Затем была определена конфигурация обмоток. Осуществлен ввод данных о частоте вращения, величине питающего напряжения.

Результатом решения задачи стал расчет основных характеристик вентильного двигателя ЭУР. На Рис. 2. Представлены графики фазных напряжений и токов.

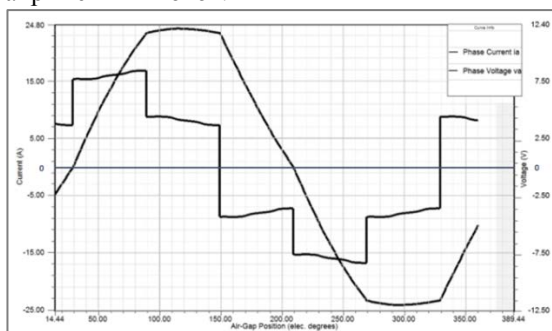


Рис. 2. Графики напряжения и тока одной из фаз вентильного двигателя ЭУР в среде RMXprt

С использованием RMXprt выполнено поисковое моделирование, определена оптимальная геометрия и основные конструктивные размеры вентильного двигателя ЭУР. Получены основные характеристики машины. Однако для комплексного проектирования системы (моделирование электромагнитных полей ЭМА, возможность подключения внешней схемы питания и т.д.), функционала RMXprt недостаточно. Позволяет решать такого рода задачи совместное использование программных комплексов ANSYS Maxwell 2D и RMXprt. Для этого, в модели RMXprt предварительно рассчитываются характеристики машины, определяются её начальные размеры. При окончании поискового моделирования в RMXprt, осуществляется импорт модели в среду ANSYS Maxwell 2D, последний автоматически создаёт геометрию машины, указывает свойства материалов, которые были выбраны в RMXprt, назначает намагниченность магнитов, конфигурирует обмотки, задаёт граничные условия периодичности.

Решение задачи типа Transient (переходные процессы) для модели вентильного двигателя ЭУР в среде Maxwell 2D, представлено на Рис. 3. и 4.

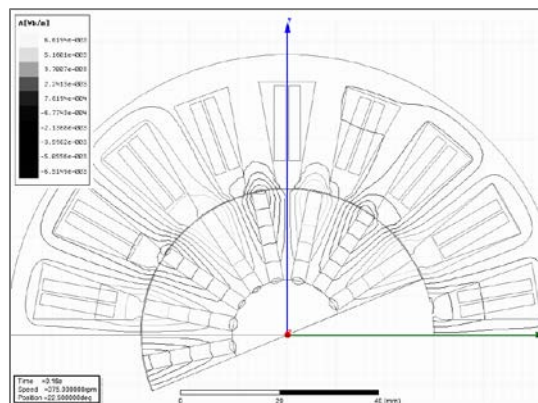


Рис. 3. Картина магнитного поля вентильного двигателя ЭУР в среде Maxwell 2D

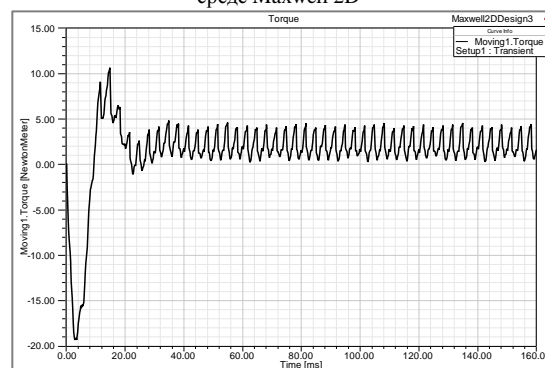


Рис. 4. График электромагнитного момента вентильного двигателя ЭУР в среде Maxwell 2D

Совместное использование программ, за счёт автоматических действий ANSYS Maxwell 2D (создание геометрии, конфигурация обмоток и др.), позволяет экономить время. Стоит отметить, что анализ переходных процессов требует высокопроизводительных ЭВМ.

Использование инструмента RMXprt в связке с программным комплексом Maxwell 2D позволяет полностью оценить работу комплексной системы ЭУР, что предоставляет следующие возможности:

- вычисление момента, реактивного и активного сопротивлений;
- представление графиков, матричными таблицами, картинками полей в виде распределения силовых линий, векторов;
- возможность использования анимации при выводе результатов.

Список литературы:

1. Клявлин А.В. ANSYS, Inc.: современные методы моделирования электромагнитного поля / А.В. Клявлин // САПР и графика. – 2011. – №6. – С.52-55.
2. Maxwell. Общая информация [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.cae-expert.ru/product/maxwell.html>
3. RMXprt. Общая информация [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.cae-expert.ru/product/rmxprt.html>